

7. Чесноков Ю. Н., Лисиенко В. Г., Лаптева А. В. Сквозная эмиссия диоксида углерода в процессе ХИЛ-3 (HYL-3) (тезисы доклада) // Сборник докладов I Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (ТИМ'2012) с международным участием «Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве». Екатеринбург: ИМиМ УрФУ, 2012. С. 155–158.

8. Чесноков Ю. Н., Лисиенко В. Г., Лаптева А. В. Сравнительная интегральная эмиссия диоксида углерода в полном цикле процесса прямого легирования стали ванадием (ЛП-В) // Сборник научных трудов международной конференции «Теория и практика тепловых процессов в металлургии». Екатеринбург: ИМиМ УрФУ, 2012. С. 154–157.

9. Лисиенко В. Г., Щелоков Я. М., Ладыгичев М. Г. Плавильные агрегаты: Теплотехника, управление и экология. Справочное пособие. В 4 кн. Кн. 2 / под ред. В. Г. Лисиенко. – М.: Теплотехника, 2005. – 912 с.

УДК 669-5

**Н. Б. Лошкарев, В. А. Чистополов, А. А. Ашихмин,**

**А. Б. Попов, И. М. Хамматов**

ОАО «ВНИИМТ», г. Екатеринбург, Россия

## **АВТОМАТИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ**

### **Аннотация**

*На многих машиностроительных и металлургических предприятиях возникает потребность в термообработке мелких партий, а подчас и единичных изделий различного назначения.*

*ОАО «ВНИИМТ» разработал полностью автоматизированный агрегат для термообработки до 500 кг стальных изделий различной формы.*

*Агрегат предназначен для проведения технологических операций нагрева, закалки или нормализации, а также отпуска или аустенизации изделий из различных марок сталей.*

*Ключевые слова: термообработка, автоматизация, нормализация, аустенизация, отжиг, отпуск, нагревательная печь.*

Схема агрегата термообработки показана на рис. 1.

В состав агрегата входят: телескопический толкатель, стол загрузки, нагревательная печь, закалочная ванна и стол выгрузки.

Стол загрузки предназначен для установки оператором специального поддона или корзины с изделиями, перед их посадкой в печь. Изделия укладывают на поддон вручную в один ряд, либо в корзинах навалом. Максимальная масса садки 500 кг.

Для перемещения поддона с изделиями (или корзины) в агрегате применяется толкатель. С целью уменьшения габаритов толкатель по своему конструктивному оформлению выполнен телескопическим. Основная толкающая ступень – роликовая. Эта ступень выполнена в виде квадратной трубы (сечением 140x140 мм), перемещающейся на двух роликах по направляющим. Сверху на корпусе трубы толкателя укреплена цепь, в зацепление с которой

входит звездочка, приводимая в движение мотор-редуктором с двигателем мощностью 3,0 кВт. Первая ступень толкателя обеспечивает проталкивание поддона с отводами в нужное положение – в печь, в бак, за пределы агрегата (под разгрузку). Вторая ступень толкателя – винтовая размещены внутри трубы 140x140 мм. Она предназначена для удлинения штанги толкателя и не используется как силовой элемент конструкции.

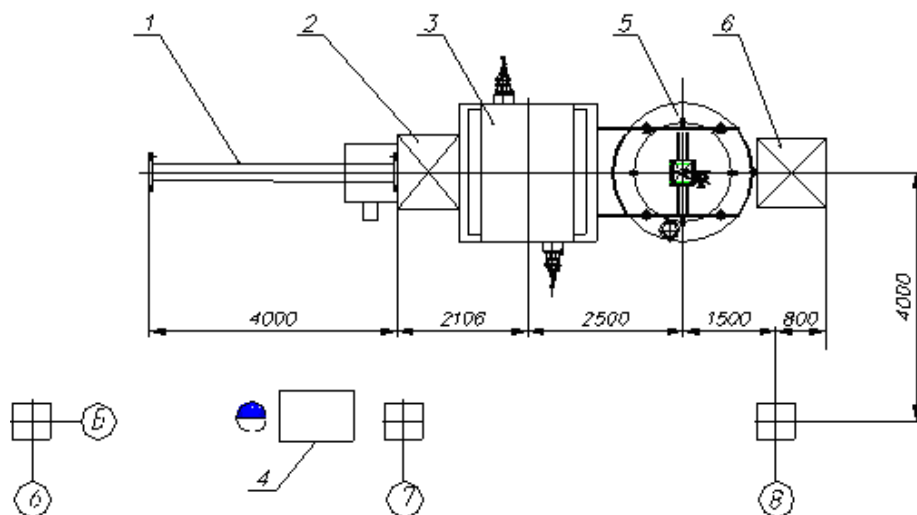


Рис. 1. План расположения оборудования:

1 – толкатель; 2 – стол загрузки; 3 – печь нагревательная;  
4 – шкаф контроля и управления; 5 – закалочная ванна; 6 – стол выгрузки

Основной элемент агрегата закалки крутоизогнутых отводов – нагревательная печь. Для свободного размещения поддона размером 1000x1200 мм печь имеет в плане габариты рабочего пространства 1500x1500 мм. Футеровка стен и свода печи выполнена из керамического волокна (Модули Z-block размером 300x300x350 мм) с температурой применения до 1300 °С. Толщина футеровки 350 мм. Под печи футерован шамотным кирпичом ШЛ. Снаружи печь облицована листовой сталью толщиной 6 мм, закрепленной на вертикальных стойках.

Нагревательная печь имеет два окна для загрузки поддона в печь и выгрузки (с противоположной стороны печи), оборудованных заслонками с электрическими приводами. Электродвигатели (мощностью 1,1 кВт каждый), тяги и опоры приводов размещены на противоположных боковых стенках печи.

Поддоны с изделиями проталкиваются через печь по двум направляющим из жаропрочной стали, на верхних образующих которых наварены рейтера шириной 40 мм. По середине печи направляющие имеют дополнительные опоры в виде столбиков из шамотного кирпича.

Система отопления печи построена на базе двух автоматизированных скоростных рекуперативных горелках REKUMAT M150B фирмы WS (Германия) тепловой мощностью 49 кВт каждая. Горелки имеют Сертификат соответствия и разрешение на применение на территории РФ.

Горелки установлены на боковых стенах печи. На правой по ходу металла стороне – над садкой, на левой – ниже направляющих, по которым осуществляется перемещение под-

донов. При работе горелок в рабочем пространстве печи образуется циркуляционный контур продуктов сгорания, что обеспечивает выравнивание полей температуры в печи. Горелки работают в импульсном режиме (включено-выключено) для поддержания заданной температуры в рабочем пространстве печи. Горелки снабжены блоками управления и безопасности, обеспечивающими автоматический розжиг и отключение горелок в случае возникновения аварийной ситуации или погасания пламени. Печь снабжена автоматикой безопасности, отключающей подачу газа на печь в случаях возникновения предаварийных ситуаций.

Подача газа на печь осуществляется от цехового газопровода с давлением 30 кПа. Для обеспечения заданного давления газа перед горелками (6–8 кПа) и их устойчивой работы в тракте газопровода дополнительно установлен регулятор давления газа FRG/2МС фирмы MADAS (Италия). Регулятор давления, а также фильтр газовый ФН-1, отсекающий электромагнитный клапан ВН 1Н-4, счетчик газа размещены на арматурной стойке, установленной около печи.

Рядом с арматурной стойкой газопровода размещен дутьевой вентилятор высокого давления HRD 60/4,  $N = 4$  кВт,  $n = 2935$  об/мин,  $Q = 1200$  м<sup>3</sup>/ч,  $P = 10,15$  кПа. Воздух на горелки и эжектор для удаления продуктов сгорания через рекуператор горелки подается от одного вентилятора.

Присоединение горелок к газо- и воздухопроводам производится гибкими подводами в соответствии с рекомендациями разработчика горелочных устройств.

Закалочная ванна имеет корпус цилиндрической формы диаметром 2200 мм и высотой 2420 мм, на крышке которого смонтирован винтовой механизм подъема-опускания поддона с изделиями, приводимый в действие с помощью электродвигателя 4A90L6,  $N = 1,5$  кВт,  $n = 1000$  об/мин. Изнутри корпус ванны окрашен водостойкой эмалью. На корпусе имеются два окна размерами 1400х800 мм, через которые сначала поддон с отводами с помощью толкателя устанавливается на стол загрузки – платформу из труб  $\varnothing 57 \times 3,5$  мм, платформа опускается в закалочную ванну, затем поднимается, и через другое окно тем же толкателем поддон выдается на стол выгрузки. При поднятии и опускании платформы с поддоном одновременно поднимаются и опускаются защитные шторки на окнах корпуса. На крышке закалочной ванны имеется патрубок  $D_y 200$  для отвода пара и воздуха.

Автоматика агрегата для термообработки состоит из двух систем: автоматики «Теплового режима» и автоматики «Механизмов». Работа каждой системы обеспечивается своим микроконтроллером Logo! (Siemens). Визуализация работы систем обеспечивается с помощью информационных текстовых панелей Logo!TD на местном шкафу управления. Совместная работа и синхронизация систем поддерживается через обмен командами их программ.

Автоматика «Теплового режима» обеспечивает управление системой газоснабжения печи.

В соответствии с требованиями действующих норм и правил безопасности для безопасной эксплуатации при различных технологических режимах работы в автоматике реализована система автоматики безопасности (АБ). Система АБ перед розжигом осуществляет проверку герметичности газопровода печи, продувку печи, а также автоматическое аварийное завершение работы печи при выходе какого-либо из контролируемых параметров за допустимые технологические границы. Помимо функций безопасности, автоматика «Теплового режима» управляет нагревом печи с текущей температурой в печи до конечной 580–1100 °С

с необходимой скоростью 150–300 °С/ч, обеспечивает выдержку конечной температуры в течение заданного времени 30–90 мин, и последующее охлаждение печи до начальной (задаваемой) температуры 0–300 °С.

АБ включается в работу с момента подачи напряжения питания на местный шкаф управления печи и непрерывно обеспечивает систему технологических защит, прекращающих подачу газа на печь в случаях возникновения предаварийной ситуации.

Автоматика механизмов обеспечивает функционирование пяти механизмов агрегата закали, это роликовый и винтовой толкатели, заслонки загрузки и выгрузки печи, и погружной стол ванны закали. Управление механизмами осуществляется в автоматическом или ручном режимах. Текущий режим задается переключателем на панели шкафа управления. Нажатие кнопки «БЫСТРЫЙ ОСТАНОВ» обеспечивает остановку всех исполнительных механизмов, работающих в автоматическом режиме.

Возможно управление агрегатом и в ручном режиме кнопками на щите управления.

При работе в ручном режиме толкатели обеспечивают загрузку поддона в печь, загрузку поддона на стол ванны закали и выгрузку поддона на разгрузочный стол.

В зависимости от задач нагрева (отпуск, нормализация или закали) этап выгрузки может проходить по двум сценариям: закали, с окунанием поддона в ванну, а также отпуск или нормализация с выгрузкой поддона из печи сразу на стол разгрузки. Программа управления тепловым режимом осуществляется также в три этапа: проверка герметичности, нагрев печи и охлаждение печи.

Техническая характеристика агрегата для термической обработки приведена в табл. 1.

Проведенные балансовые испытания печи показали, что все заявленные показатели работы печи выполняются.

Перепад температур в объеме рабочего печи пространства не превышает  $\pm 5$  °С.

Абсолютный расход топлива на нагрев 500 кг металла составил 19,6 м<sup>3</sup>. Удельный расход условного топлива –  $b = 44,8$  кг у.т./т.

До температуры 940 °С садка массой 500 кг была нагрета за 3 часа.

Производительность агрегата составила (с учетом времени выдержки – 30 минут)  $P = 139$  кг/ч, что при трехсменной работе составляет 3,33 т/сутки.

Таблица 1

## Техническая характеристика агрегата

№ п/п	Наименование		Ед. измерения	Показатели	
				Проектные	2013 г.
1	2		3	4	5
1	Назначение агрегата		Проведение операций закалки, отпуска и нормализации		
1	Габариты агрегата с учетом размещения шкафа управления и стойки арматурной газовой (ШхДхВ)		м	7,8х11,0х3,7	
2	Площадь пода печи		м <sup>2</sup>	2,25	
3	Установленная тепловая мощность печи		кВт	100	
4	Топливо		Природный газ		
5	Давление газа перед агрегатом		кПа	~ 35	
6	Номинальное давление газа перед горелками печи		кПа	8–9	
8	Номинальное давление воздуха перед горелками печи		кПа	9–10	
9	Дымоудаление		Через цеховую систему дымоудаления и дымовую трубу		
10	Разрежение в коллекторе, не менее		Па	10	
11	Нагреваемые изделия	крутоизогнутые отводы, диаметр	мм	45–530	
		Толщина стенки	мм	До 16 мм	
		Материал отводов	–	Сталь 20А, 20С, 20ФА, 13ХФА, 09ГСФ, 15Х5М	
		Масса садки, не более	кг	200	
		Размещение отводов: Ø530 мм  менее Ø530 мм	–  –	На поддоне 1,2х1,0х0,1м На поддоне или в корзине 1,2х1,0х0,6м	

1	2	3	4	5
12	Максимальная производительность агрегата	Тонн в месяц	20	
13	Режим работы агрегата	–	Непрерывный 3-х сменный	
14	Тип печи	Камерная, толкательная с двухсторонним нагревом		
15	Температура нагрева изделий	°С	До 1100 °С	
16	Способ нагрева	Открытым пламенем		
17	Топливосжигающие устройства – скоростные рекуперативные горелки	Тип, марка горелок	–	РЕКУМАТ М150
		Номинальная тепловая мощность одной горелки	кВт	45
		Количество горелок	шт.	2
		Контроль пламени	–	Ультрафиолетовый датчик
18	Режим управления температурой в печи	Автоматический, импульсный		
19	Число зон регулирования	шт.	1	
20	Способ удаления окалины из печи	Вручную, во время ремонтов печи		

УДК 669.018

**Э. М. Манашева, В. Г. Дружков**

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ НИТРИДА ФЕРРОСИЛИЦИЯ (НИТРИДА КРЕМНИЯ) НА СВОЙСТВА ЛЕТОЧНЫХ МАСС ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

### Аннотация

*Чугунная летка – наиболее уязвимое место доменной печи. Она периодически нагревается до высоких температур, а затем резко охлаждается до температуры леточной массы, подаваемой в ее канал. Во время выпуска подвергается механическому и тепловому воздействиям жидких продуктов плавки и газов, а также подвергается абразивному износу раскаленным коксом.*

*Многих проблем при эксплуатации летки можно избежать, если обеспечить постоянство геометрических размеров канала (длины и диаметра) во время выпуска, что положи-*